云 南 植 物 研 究 1997; 19(4): 423~428
Acta Botanica Yunnanica

# 刀耕火种对山黄麻林土壤种子库的影响*

唐 勇 曹 敏 张建侯 任泳红
（中国科学院昆明生态研究所，昆明 650223）

**摘要** 山黄麻（*Trema orientalis*）为热带地区常见的先锋树种。在西双版纳地区，它常常在丢荒的刀耕火种地上形成单优种群，在次生演替的早期起着重要的作用。本文采用萌发实验法探讨了刀耕火种对一4龄山黄麻林的土壤种子库的影响。研究表明刀耕火种过程使土壤种子库的储量从林地的65 355粒／$m^2$降为烧后的1 070粒／$m^2$，种子种类从林地60种（隶属于50属、24科）下降为29种（隶属于24属、18科），改变了土壤种子库的结构，提高了土壤种子库中耐火烧种类种子的比例，使在其后的植被恢复过程中有较强的竞争力，可导致其后植被的演替向偏途方向发展。

**关键词** 土壤种子库，刀耕火种，山黄麻林，西双版纳

# THE IMPACT OF SLASH-AND-BURN AGRICULTURE ON THE SOIL SEED BANK OF TREMA ORIENTALIS FOREST

Tang Yong, Cao Min, Zhang Jianhou, Ren Yonghong
(*Kunming Institute of Ecology, Chinese Academy of Sciences,* Kunming 650223)

**Abstract** As a common pioneer species in the tropics, *Trema orientalis* dominates the early stage of secondary succession after slash-and-burn agriculture in Xishuangbanna. This study deals with the impact of slash-and-burn agriculture on soil seed bank of a 4-year *Trema orientalis* forest.The results show that seed storage is significantly reduced from 65 355 seeds / $m^2$ to 1 070 seeds / $m^2$ by slash-and-burn agriculture. There were 60 species in soil seed bank before slash-and-burn and 29 specise after that. Fire leads to an increase of burning-resistant seeds in the proportion in soil seed bank. The succession of forest is retarded by slash-and-burn agriculture.

**Key words** Soil seed bank, Slash-and-burn agriculture, *Trema orientalis* forest, Xishuangbanna

刀耕火种为热带地区常见的一种传统的耕作方式，烧地的过程具有增加土壤中的养分含量，消除土壤中的杂草种子，减少病虫害对作物的危害等优点，使这一耕作方式沿袭至今。但这一耕作方式造成了森林的严重破坏，大量的资源浪费，环境恶化，尤其是近代，由于人口压力增加，开垦强度加大，轮作周期缩短，导致了大面积的热带森林从地球上消失，大量的物种绝灭或濒临绝灭。烧地时，地面温度升高，造成土壤种子库中种子数量减少，种类结构改变，直接影响到植被的恢复(Cao *et al*, 1996; Rico-Gray, 1991; Kushwaha, 1985; Ewel *et al*, 1981; Stocker, 1981; Uhl *et al*, 1981)。在我国云南西双版纳地

*国家教委、中国科学院留学回国人员资助费支持
1996-11-13 收稿, 1997-03-03 接受发表

区，长期的轮耕火烧对森林造成了极大的破坏，形成了大面积的次生林，这些次生演替的进程长期处于人为活动的干扰之下，向着各类偏途演替方向发展，如不排除人为活动的干扰，已不能恢复到雨林阶段(Cao *et al*, 1996; Zhang *et al*, 1995；曹敏，1986；张建侯①，1985；.)。开展刀耕火种过程对土壤种子库影响的研究可以了解其后植被恢复和演替的进程，为植被恢复和森林保护提供理论依据。

# 1 研究样地概况和研究方法

研究地区位于云南西双版纳傣族自治州，勐腊县勐仑镇。地理位置为北纬21°41′，东经101°25′，海拔600～700 mm，处于热带北缘，受西南季风的影响，属于北热带季风气候类型，干湿季分明。太阳总辐射量为488.68 kJ／$cm^2$，年日照时数1 787.8 h，年日照百分率为40.4%。年均气温21.4℃，最热月均温25.3℃，最冷月均温15.6℃。年降雨量为1 557 mm，干季(11～4月)降雨量为264 mm，雨季(5～10月)为1 293 mm，相对湿度86%。地带性植被为季节性雨林和季雨林。

研究样地选择了小腊公路75 km处的一片4龄山黄麻林，部分林地当年砍伐后预备种旱谷。通过植被调查，林分组成除山黄麻占绝对优势外，还有少量的长叶水麻(*Debergeasia longifolia*)、鸡嗉子果(*Ficus semicordata*)、斜叶榕(*Ficus tinctoria*)、对叶榕(*Ficus hispida*)、云南叶轮木(*Ostodes katharinae*)、木奶果(*Baccaurea ramiflora*)、中平树(*Macaranga denticulata*)、盐肤木(*Rhus chinensis*)、构树(*Broussonetia papyrifera*)、假烟叶树(*Solanum erianthum*)、广东葱木(*Aralia armata*)等。林下主要有香花木姜子(*Litsea panamonja*)、包疮叶(*Maesa indica*)、多花野牡丹(*Melastoma polyanthum*)、对叶榕、长叶棋子豆(*Cylindrokelupha alternifoliolata*)等。草本植物主要以马唐(*Digitaria sanguinalis*)占优势，还有粽叶芦(*Thysanolaena maxima*)、竹叶草(*Oplismenus compositus*)、耳草(*Hedyotis auricularia*)、飞机草(*Eupatorium odoratum*)、头花仙茅(*Cucurligo capitullata*)、肉半枝莲(*Lobelia succulenta*)、鳞盖蕨(*Microlepia* sp.)、海金沙(*Lygodium* sp.)等。

刀耕火种地为同一林地部分砍伐火烧后，预备种旱谷的坡地，于烧后第二天进行土壤种子库取样。

**表1　刀耕火种对土壤种子库储量的影响**

Table 1　Impact of slash-and-burn on seed storage in soil seed bank

| 土壤层次 | 刀耕火种地(粒／$m^2$) | 山黄麻林地(粒／$m^2$) | 百分率(%) |
|---|---|---|---|
| 0～2 cm | 120 | 41 795 | 0.29 |
| 2～5 cm | 320 | 17 760 | 1.80 |
| 5～10 cm | 630 | 5 800 | 10.86 |
| 总　量 | 1 070 | 65 355 | |

土壤种子库取样采用样线取样法，于样地内设置一40 m的样线，在样线上每隔2 m取一组土样，每组土样面积为10×10 $cm^2$，由上层（0～2 cm），中层（2～5 cm），下层（5～10 cm）组成，林地和刀耕火种地各取20组，共120份土样。将取回的土样置于花盆中，浇足水，花盆口用一块透光性较好的白布覆盖，防止外来种子的侵入，然后将花盆置于空旷地的支架上，让其自然萌发。定期适时浇水，保持盆内的湿度。定期(每2天为一周期)观测种子萌发情况，对已萌发的幼苗进行种类鉴定、计数后清除，暂时不能鉴定的幼苗进行标记后移栽至盆外，直至幼苗长到能鉴定为止。整个过程持续至盆中不再有幼苗长出，然后再将土样搅拌混合，继续观测，直至土样中不再有种子萌发后结束萌发实验。

# 2 结　果

## 2.1 刀耕火种对土壤种子库储量的影响

本文所指的土壤种子库储量是指单位面积上厚度为10 cm的土壤中所储藏的有活力的种子数，以实

① * 西双版纳森林植被的演替、保护和利用. 热带植物研究，(28): 1～9。

验中所萌发的幼苗来推算。研究结果表明刀耕火种过程使土壤种子库的种子储量显著减少(表 1)，与林地相比，种子储量下降了 98.36%。烧地时土壤表面温度最高，随着土层加深温度很快下降，对土壤种子库的影响也逐渐减小。实验表明受影响最大的是 0～2 cm 这一层，该层直接处于火烧之中，大部分种子被烧死，种子储量仅为 120 粒／$m^2$，为山黄麻林地土壤种子库 0～2 cm 层种子储量的 0.29%，5～ 10 cm 这一层受到的影响相对较小，其种子储量为山黄麻林地该层次的 10.86%。

## 2.2 对种类成分及优势种的影响

刀耕火种对种子库的种类成分产生了明显的影响，林地土壤种子库种子分属 24 科，50 属，60 种；而刀耕火种地的土壤种子库仅有 18 科，24 属，29 种，种子种类减少了 52%。种类成分的改变必然影响其后的植被恢复，土壤种子库中有种子储存的种类在植被恢复中必然具有较大的竞争力。

**表 2　刀耕火种对种子库中优势种的影响**

Table 2　Impact of slash-and-burn on dominant species in the soil seed bank of *Trema orientalis* forests

| 种　名 | | 种子库储量(粒／$m^2$) | | 刀耕火种地占山黄麻林种子储量的百分率(%) |
|---|---|---|---|---|
| | | 刀耕火种地 | 山黄麻林 | |
| 山 黄 麻 | *Trema orientalis* | 155 | 815 | 19 |
| 长叶水麻 | *Debergeasia longifolia* | 5 | 1 040 | 0.5 |
| 刺 天 茄 | *Sloanum violacerm* | 0 | 885 | 0 |
| 藿 香 蓟 | *Ageratum conyzoides* | 0 | 42 325 | 0 |
| 飞　蓬 | *Conyza canadensis* | 10 | 525 | 1.9 |
| 粘毛母草 | *Lindernia viscosa* | 25 | 450 | 5.6 |
| 苦 玄 参 | *Picria fel-terrae* | 0 | 610 | 0 |
| 多脉莎草 | *Cyperus diffusus* | 90 | 4 530 | 2.0 |
| 砖 子 苗 | *Mariscus sumatrensis* | 20 | 1 210 | 1.7 |
| 粽 叶 芦 | *Thysanolaena maxima* | 285 | 510 | 55.9 |

烧地过程对土壤种子库中优势种的影响十分突出 (表 2)，在山黄麻林地土壤种子库中达到 815 粒／$m^2$ 的山黄麻种子火烧后下降为 155 粒／$m^2$；在山黄麻林地土壤种子库达到 13 种 42 880 粒／$m^2$，占种子库种子储量的 65.6% 的菊科植物种子，在火烧地土样中只有 2 种共 6 粒种子，尤其明显的是藿香蓟，在林地种子库中达到 42 325 粒／$m^2$，而在火烧地土壤种子库中无一粒种子；在林地种子库中达 6 种 1 175 粒／$m^2$ 的玄参科植物种子，在火烧地土样中仅有 1 种 5 粒种子。火烧对禾本科和莎草科种子的影响也很大，莎草科的多脉莎草和砖子苗在林地种子库中分别达到 4 530／$m^2$ 和 1 210 粒／$m^2$，而在刀耕火种地种子库中显著下降，仅达到 90 粒／$m^2$ 和 20 粒／$m^2$，而禾本科的粽叶芦从林地的 510 粒／$m^2$ 下降为 285 粒／$m^2$，还有一半以上的种子得以存活下来，这说明该种对火烧的适应能力较强，必将对植被的恢复产生重要的影响。

## 2.3 对种子库生活型谱的影响

刀耕火种对土壤种子库的生活型谱产生了很大的影响 ( 表 3 )，与林地土壤种子库相比，各生活型的种子都显著地减少。以双子叶草本种类减少最为明显，在山黄麻林土壤种子库中达到 34 种，而刀耕火种地仅为 9 种，种子数仅为林地的 0.37%。这说明该类种子对高温的抵抗力普遍较差。而乔木种类种子具有坚实的种皮保护，抗火烧的能力相对较强，种子成活下来的比例较高，种子达到山黄麻林地乔木种子的 30%。灌木种类变化也较明显，由林地的 9 种减少为 6 种，种子数量仅为林地种子库灌木种子的 6.1%，单子叶草本由林地的 9 种减少为 4 种，种子数也只有林地单子叶草本的 6.0%。

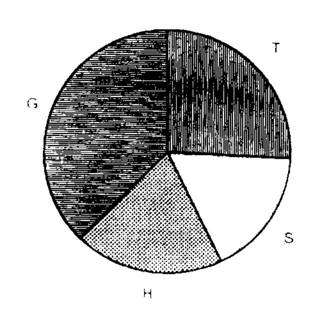
从山黄麻林地和刀耕火种地的生活型比例图 (图 1) 中可以看出，刀耕火种改变了土壤种子库的生活型结构，由于优势种藿香蓟的种子被烧死，大大地提高了乔木和灌木种类在种子库中所占的比例，尤其明

显的是山黄麻种子，在林地种子库中占种子的 1.2%，而在刀耕火种地种子库中占了 14.5%，占其乔木种子的 56%，这就大大地提高了山黄麻在以后的植被恢复中的竞争力，在丢荒后的旱谷地上形成单优群落。禾本科的粽叶芦，在林地种子库中为 510 粒／$m^2$，占种子库种子的 0.78%，而在刀耕火种地种子库中为 285 粒／$m^2$，占种子库中种子的 26.6%，尤其是 5～10 cm 这一层，林地为 215 粒／$m^2$，在刀耕火种地 200 粒／$m^2$，几乎相同，可见该种对火烧的适应能力是非常强的，因而该种在反复火烧的轮耕地中将具有很强的竞争力，往往在丢荒轮耕地上形成的次生植被中占很大的优势。

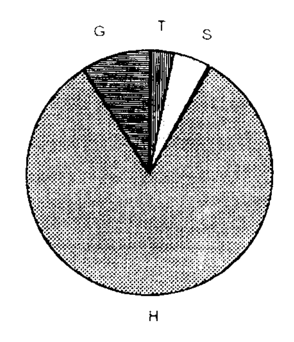
**表 3 刀耕火种对种子库的生活型谱的影响**

Table 3 Life form compositions of soil seed bank in *Trema orientalis* forest and in slash-and-burn field

| 生活型 | 刀耕火种地 | | | | 山黄麻林地 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 物种数 | 比例(%) | 种子数 | 所占比例(%) | 物种数 | 比例(%) | 种子数 | 所占比例(%) |
| 乔 木 | 9 | 31.0 | 55 | 25.7 | 9 | 15.0 | 186 | 1.4 |
| 藤 本 | 1 | 3.5 | 1 | 0.5% | 1 | 1.6 | 1 | • • |
| 灌 木 | 6 | 20.7 | 26 | 16.7 | 8 | 11.7 | 421 | 3.2 |
| 双子叶草本 | 9 | 31.0 | 41 | 19.2 | 34 | 56.7 | 11131 | 85.1 |
| 单子叶草本 | 4 | 13.8 | 81 | 37.9 | 9 | 15.0 | 1328 | 10.2 |




刀耕火种地
Slash and burn field




山黄麻林样地
*Trema orientalis* forest

图 1 刀耕火种地和山黄麻林土壤种子库种子生活型饼图

Fig. 1 Life form pies of the soil seed bank of slash and burn field and of *Trema orientalis* forest

T 乔木 (Tree); S 灌木 (Shrub): H 双子叶草本 (Herb); G 单子叶草本 (Grass)

**表 4 刀耕火种地的幼苗萌发**

Table 4 Seedling germinated from slash-and-burn field

| 萌发时间(d) | 30 | | 60 | | 90 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 幼苗类型 | A | B | A | B | A | B |
| 乔 木 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 灌 木 | 2 | 2 | 1 | 1 | 5 | 3 |
| 草 本 | 1 | 0 | 11 | 7 | 16 | 7 |

注: A. 刀耕火种样地野外观测中萌发出的物种数量

B. 刀耕火种地野外观测与土样萌发实验共有的物种数量

## 2.4 刀耕火种地野外样地的种子萌发

本实验对刀耕火种地上的幼苗萌发进行了连续的野外观测 (表 4)，在烧地后 2 周内样地土壤干燥，无任何幼苗萌发。在烧地 1 个月后，样地上萌发的幼苗达到 6 种，除旋花科的鱼黄草（*Merremia hederacea*）在土样萌发实验中无种子萌发外，其余的 3 种乔木和 2 种灌木均为土样萌发实验中出现的种类，其中山黄麻的幼苗达到 4 株／$m^2$。

烧地后第 2 个月，样地上萌发的幼苗已达到 15 种，其中 11 种为土样萌发实验中出现的种类，另外的 4 种均为菊科的种类，尤其明显的是在山黄

麻林地种子库中达到 41 325 粒 / $m^2$, 而经刀耕火种后种子库中无一粒种子的藿香蓟，在烧后第 2 个月的样地上的幼苗已达到 175 株 / $m^2$，飞蓬种子在种子库中仅为 10 粒 / $m^2$，而幼苗在此时也达到 40 株 / $m^2$，可见菊科种类对刀耕火种地的侵占是非常迅速的，这与它的风媒传播方式有关。山黄麻的幼苗在第 2 个月时已达到 40 株 / $m^2$，中平树幼苗也开始出现，所萌发的 4 种木本植物均为土样萌发实验的种类。

经过第 3 个月的 2 次除草虽然除去了部分幼苗，但样地上萌发的幼苗种类依然增加，到第 4 个月时达到了 25 种，其中有 11 种为土样萌发实验出现的种类，菊科的种类占了 5 种，藿香蓟的幼苗数量仍然较高，为 153 株 / $m^2$。萌发的乔木种类在种子库中均有种子储存，山黄麻幼苗通过除草后有所下降，但样地中依然较多，达到了 14 株 / $m^2$，中平树的幼苗在样地中为 2 株 / $m^2$。

可见经过刀耕火种后，样地上有幼苗涌现，萌发的乔木种类均为土壤种子库中原有的种类。草本植物的侵入速度非常快，多为土壤种子库无种子储藏的杂草种类，它们将迅速在样地植被中占优势，并很快开花结果，补充进土壤种子库。

## 3 讨　论

### 3.1 刀耕火种对植被演替的影响

刀耕火种是西双版纳地区一种传统的耕作方式，由于烧地后在短时间内土壤的养分含量增加，中和土壤酸度，同时可以消除危害作物的病虫害，减少了作物生长过程中杂草的萌生，所以这一耕作方式在热带地区得以沿袭下来(曹敏，1986；徐礼煌等，1995)但其对自然环境和生物资源的破坏是严重的: (1) 大面积作为热带雨林被毁于刀火之下，导致了大量的生物资源丧失，生态环境出现异常变化。(2) 反复的轮耕火烧造成了土壤种子库结构及成分的改变，耐火烧的小灌木和草本植物种类增加(Rico-Gray*et al*，1991)，植被的次生演替向着偏途方向发展。(3) 刀耕火种后一段时间内几乎无地被物，土壤裸露，土壤冲刷量可达到季节雨林的 149 倍(汪汇海①，1981)，造成大量的土壤流失。(4) 这一耕作方式生产力低下，造成了大量的资源浪费。刀耕火种轮歇的时间越短将越有利于杂草的生长。在印度，刀耕火种的轮歇时间从过去的 20～30 年缩短到了 4～5 年，从而在该地区，形成了大量的飞机草占优势的杂草群落 (Kushwaha，1985)。在印度尼西亚，反复的轮耕火烧使大面积的森林演变为白茅 (*Imperatacylindrica*)草地和以野桐属，山黄麻属，紫珠属(*Callicarpa*)植物占优势的次生林(库斯瓦塔等，1985)。随着人口增长，西双版纳地区刀耕火种轮歇的时间越来越短（Cao *et al*，1996）这将导致种子库中杂草种子储量越来越大，在一些经过反复火烧的弃耕地上形成了稀树灌草丛，飞机草草丛和以禾本科中高草占优势的中高草草丛( 张建侯，1986，Zhang *et al*，1995)典型的破坏性次生植被，反复的火烧使得土壤种子库中缺乏植被更新的种源，演替进程处于频繁的砍伐、火烧控制之下，植被的恢复受到严重阻碍，如不排除人为干扰将长期稳定在某一次生演替阶段，导致生境退化，植被的生态效益大大降低。

### 3.2 刀耕火种地土壤种子库动态预测

从刀耕火种地野外幼苗的萌发过程可以看出，早期萌发的幼苗主要为木本植物，乔木的幼苗均来自于土壤种子库，如山黄麻、中平树、白背桐等种类的种子在林下均无萌发幼苗，但经过刀耕火种的刺激，这些种类均能萌发，尤其是山黄麻幼苗大量持续地涌现，最高时达到了 40 株 / $m^2$，可见刀耕火种的刺激可以促进先锋种类的萌发，一方面地面植被的清除提高了样地的光照强度，这可以打破一些光控休眠种类的休眠(Vázque, 1976); 另一方面烧地过程中温度的变化可以促使一些温控休眠种类种子的萌发(Guevara，1986; Thompson *et al.*，1977)，这将导致种子库种子储量很快下降。草本植物很快在第二个月大量地涌现，尤其是菊科的许多种类，在种子库中无种子储藏，却通过风播很快地侵入，在样地上迅速占据优势，

①西双版纳热森林的过度砍伐与生态环境的异常变化. 热带植物研究, (18): 29～33

这些草本植物大多为快速成熟的一年生草本，很快就能开花结实，其种子将大量补充进土壤种子库，这时的种子库主要是一年生草本植物尤其是菊科植物的种子。由于先锋树种（如山黄麻）的快速生长，在形成一定的荫蔽后，需光性较强的一年生草本(如霍香蓟、飞机草等）就逐渐退出群落，一些较耐荫的种类进入林内，随着先锋种类的成熟，其种子大量进入种子库，土壤种子库中的结构又逐渐恢复至刀耕火种前的水平。

**致谢** 实验中的部分幼苗鉴定得到了中国科学院西双版纳热带植物园陶国达高级实验师的指导。

## 参 考 文 献

徐礼煌，杨莞璋，刘志光等，1995,以持续农业发展模式逐步替代刀耕火种。徐礼煌，扬莞璋主编，刀耕火种替代技术研究（上册）.北京:中国农业技术出版社，65～71

库斯瓦塔・卡塔文纳塔，索纳托罗・阿第索玛托,索达索罗・里斯旺等，1985.人类活动给印度尼西亚热带森林造成的后果.人与生物圈译丛 1:9～15

曹敏,1986.刀耕火种及其评价.生态经济,**5:** 33～34

Cao M, Zhang J H, 1996. An ecological perspective on shifting cultivation in Xishuangbanna, SW China. *Wallaceana*, **78:** 21～27

Ewel J , Berish C, Brown B, *et al*, 1981. Slash and burn impacts on a Costa Rican wet forest site. *Ecology*, **62:** 816～892

Guevara S A, 1986. Plant species availability and regeneration in a Mexican tropical rain forest. Ph. D. Dissertation. Uppsala University.

Thompson K, Grime J P, Mason G, 1977. Seed germination in response to diural fluctuations of temperature. *Nature*, **267:** 147～149

Kushwaha S P S, 1985. Weed infestation subsequent to slash– and– burn agriculture (Jhum) in north–east India. Ecology and Resource Management in Tropics. Vol.1. Misra K C(ed) Bhargava Book Depot, Varanasi, India. 215～223

Rico–Gray V, Garcia–Franco J G, 1992. Propagule availability and regeneration of tropical forests. *Trends Ecol Evol*, **6:** 143～144

Stocker G C, 1981. Regeneration of a north Queensland rainforest following felling and burning. *Biotropica*, **13:** 86～92

Uhl C , Clark K H, Murphy P, 1981. Early plant succession after cutting and burring in the upper Rio Negro region of the Amazon basin. *Journal of Ecology*, **69:** 631～649

Uhl C, Murphy P G, 1981. Composition, structure, and regeneration of a tierra firme forest in the Amazon Basin of Venezuela. *Tropical Ecol*, **22:** 219～237

Zhang J H, Cao M, 1995. Tropical forest vegetation of Xishuangbanna, SW China and its secondary changes, with special reference to some problems in local nature conservation. *Biological Conservation*, **73:** 229～238

Vάzque–Yanes C, 1976. Seed dormancy and germination in secondary vegetation tropical plants: the role of light. *Comparative Phsiological Ecology*, **1:** 30～34